# 基于移动平均预测限预判新型冠状病毒感染疫情趋势与适时风险分级

何豪[1,2] 何韵婷[1,2] 翟晶[1,2] 王筱金[2] 王炳顺[2]

1.上海交通大学公共卫生学院，上海 200025；

2.上海交通大学医学院临床研究中心生物统计教研室，上海 200025



**摘要**

**目的** 建立一种数据驱动的实用方法预测突发全新传染性疾病的疫情趋势，通过动态预判疫情风险与分级为防控策略提供量化依据。**方法** 在移动平均法的基础上予以改进，提出一种移动平均预测限（Moving Average Prediction Limits, MAPL）方法，采用既往重症急性呼吸综合征（Severe Acute Respiratory Syndrome，SARS）疫情数据验证 MAPL 方法对疫情趋势和风险预判的实用性。追踪本次新型冠状病毒（COVID-19）感染疫情从 2020 年 1 月 16 日起的官方公布数据，采用 MAPL 方法预判疫情变动趋势与疫区适时风险分级。**结果** 基于 MAPL 方法分析显示，2020 年 2 月初全国 COVID-19 感染疫情达到峰值。经过前期积极防控，2 月中旬起全国疫情整体呈下降趋势。到 2 月下旬各地疫情有明显的区域性差异。与湖北地区相比，非湖北地区新增病例数下降速度快且未来疫情加重的风险相对较小。在几个重要的疫情输入省份，新增确诊病例数和可疑病例数的发展趋势一致，但消减速度在各省份间存在差异。**结论** MAPL 方法可以辅助判断疫情趋势并适时预判风险分级，各疫情输入区可结合当地实际与疫情风险分级规划落实差异化精准防控策略。

**关键词** 移动平均预测限，新型冠状病毒感染疫情，疫情预测，风险分级

# Predicting the Trend of the COVID-19 Outbreak and Timely Grading the Current Outbreak Risks Based on Moving Average Prediction Limits

HE Hao[1,2] HE Yun-ting[1,2] ZHAI Jing[1,2] WANG Xiao-jin[2] WANG Bing-shun[2]

***1****.Shanghai Jiao Tong University School of Public Health, Shanghai 200025;*

***2****.Department of Biostatistics, Clinical Research Institute, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025*

---

[1] [作者简介] 何豪，上海交通大学医学院 2019 级研究生。

[2] [通信作者] 王炳顺，电子邮箱: wangbingshun@sjtu.edu.cn。

**Abstract**

**Objective** To establish a practical data-driven method that helps predict the epidemic trend of sudden infectious diseases and provide quantitative evidence for precision prevention and control strategies through dynamic pre-judgment of epidemic risk and corresponding levels of local risk. **Methods** Based on the moving average, a moving average prediction limit（MAPL）method was proposed. The previous Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) epidemic data was used to verify the practicability of moving average prediction limits (MAPL) method for epidemic trends and risk prediction. By tracking the COVID-19 outbreak epidemic data publicly reported since from January 16, 2019, the MAPL method was used to timely predict the epidemic trend and the risk classification of the affected areas. **Results** The analysis based on the MAPL method showed that the national COVID-19 infection epidemic peaked in early February 2020. After active prevention and control across the country, the overall epidemic situation has shown a downward trend since mid-February, but there are obvious regional differences in the rate of decline in late February. Compared with Hubei Province, the number of daily diagnosed cases in non-Hubei areas has fallen rapidly and the risk of further outbreaks is relatively small. The trends in daily confirmed and suspected cases are consistent in several important imported epidemic provinces, but the rate of decline is different across provinces. **Conclusion** The MAPL method can assist in judging the trend of the epidemic situation and predicting the risk levels in a timely manner. Each epidemic district may implement a differentiated and precise prevention and control strategy according to the local classification of epidemic risk.

**Keywords:** Moving average prediction limits (MAPL); COVID-19 infection epidemic; Trend prediction; Risk classification



## 1 前言

2019 年 12 月下旬，我国湖北省武汉市爆发不明原因肺炎，后经诊断，确定为一种新型冠状病毒（后经世界卫生组织命名为 COVID-19）感染所致[1]，此种病毒在人群中传播方式多样，包括呼吸道传播和接触传播的主要传播方式以及气溶胶传播的可能传播方式[2]。截止目前，虽有药物能使部分患者核酸检测转变为阴性，但尚未发现针对 COVID-19 的特效药物[3]。起初对新发的 COVID-19 认识不足、传染源和传播途径不明、临床缺乏有效治疗药物以及我国公共卫生应急响

应系统尚不完善等造成在早期疫情未得到有效控制，而又由于现如今我国交通发达、疫情爆发时间处于年底返乡高峰期因素造成疫情迅速传播至全国乃至国外[4]。鉴于疫情迅速蔓延，防控工作面临严峻挑战。我国政府迅速响应、出台果断措施。对于疫情最为严重的湖北众多地区进行交通封锁，在全国范围内采取不同程度的交通限制、延长春节假期和推迟企业复工时间以及限制集体活动等有力措施，坚决遏制疫情蔓延态势[5]。这些果断措施对于阻断疾病蔓延发挥了重要阻击作用，成效显著。与此同时，全民抗疫的严厉举措也相当于对我国经济社会生活“按下了暂停键”，付出了高昂的社会成本。因此，当疫情狙击成效初显后，为了早日筹划疫情控制后的社会生产活动的逐步恢复，对于疫情发展态势进行科学预判就显得格外重要。目前，对于传染病的预测模型主要有 SEIR 模型、ARIMA 模型、灰色模型以及 MARKOV 模型等[6]，当模型前提假定条件满足时，这些模型对于传染病流行情况预测效果较好。然而，这些模型对于模型关键参数的初始选取较敏感、构建过程较复杂以及对模型本身需要不断进行修正，应用的及时性往往受限。更难支持回答疫情防控期间各地如何适时调整与疫情风险程度相适应的防控举措以逐步恢复经济社会运行秩序。本文旨在通过对目前已有的用于传染病疫情预警的移动平均法进行改进[7]，探讨一种针对全新病原所致暴发疫情相对简便的非条件依赖实效预测方法，以 COVID-19 感染新增确诊及疑似患者数作为评价指标，及时跟踪每日公布的疫情数据，建立相应移动平均（Moving Average，MA）及其预测限，用以预判 COVID-19 感染疫情的发展态势，实时预判疫情风险分级，为分区分级防控策略提供适时量化依据，从而支持决策层统筹协调疫情防控和经济社会发展工作。

## 2 方法与数据

### 2.1 数据来源

2.1.1 既往 SARS 疫情数据：收集 2003 年 3 月 31 日至 2003 年 6 月 12 日香港每日 SARS 感染新增确诊人数数据，确定 MAPL 对于疾病发展趋势的评估准确性。数据来源于世界卫生组织（World Health Organization，WHO）官方网站

(https://www.who.int/csr/sars/country/en/)，其他 SARS 传染病研究所附的数据进行补充[8]；

2.1.2 当前 COVID-19 感染疫情数据：跟踪收集 2020 年 1 月 16 日至 2020 年 2 月 23 日中国疾病预防与控制中心（Chinese Center for Disease Control and Prevention，CCDC）官方网站(http://www.chinacdc.cn/)发布的 COVID-19 感染在中国的每日新增病例数据，本文分析指标选用每日新增确诊病例数以及每日新增疑似病例数，用以进行疫情分析以及预判。

## 2.2 MAPL 的建立过程

MA 因其能够消除偶然波动的影响，较为清晰地显现某一事件随时间变动趋势而最早被应用于经济学研究中[9]。在流行病研究中,多用于传染病的预警,其主要思路为根据既往较长时间传染病发病数据计算 MA,并由此建立预警线,将某一时期发病资料与预警线比对,从而判断疾病流行趋势,估计发病风险[10]。但这种方法只能应用于已有传染病的疫情预警，而且其模型构建往往需要既往较长时间发病数据，对于没有以往发病资料的新发传染病，如本次 COVID-19 感染疫情则不适用。因此，本研究在传统移动平均法的基础上予以改进，根据已有新发传染病的特点，结合每日公布的疫情数据，计算出实时 MA，以 MA 为中心，利用一倍标准差与两倍标准差同时建立相应的预测上限与预测下限，通过连续观察研究指标所处区间，以达到疫情跟踪和疫情趋势预判的目的。为避免数据差异过大而导致计算所得预测限上下限过宽、下限值小于 0 等现象产生而使预测限的建立失去实际预测作用，故将原始数据 $N_j$+1 经对数转换，以对数移动平均（Logarithmic Moving Average，LMA）的形式进行预测限的建立。以新增病例数为例介绍如下。

### 2.2.1 LMA 及标准差的计算

$$LN_j = Ln(\mathrm{N_j} + 1) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

其中，$N_j$为第 j 日的新增病例数。为解决对数取值适用性（如某日新增病例数为 0 时），在原始观察值基础上加 1，取对数后获得新增病例数对数转换值 $LN_j$。

本文第 1 至第 j 日的 LMA 则为：

$$LMA_j = \frac{LN_1+LN_2+LN_3+\cdots=+LN_j}{j} \text{.............................}(2)$$

相应的标准差为：

$$LSTD_j = \sqrt{\frac{(LN_1-LMA_j)^2+(LN_2-LMA_j)^2+\cdots+(LN_j-LMA_j)^2}{j}} \text{.........,...}(3)$$

2.2.2 LMA 的预测限：

$$LOW_{1_j} = LMA_j - LSTD_j \text{.................................}(4)$$

$$LOW_{2_j} = LMA_j - 2 \times LSTD_j \text{.................................}(5)$$

$$HIGH_{1_j} = LMA_j + LSTD_j \text{.................................}(6)$$

$$HIGH_{2_j} = LMA_j + 2 \times LSTD_j \text{.................................}(7)$$

2.3 基于 MAPL 的分级与分区

按上述计算所得预测限，根据下表设置风险分级分区。将疫区当日即第 j+1 日的实际新增病例数对数值$LN_{(j+1)}$与前一日即第 j 日所建立的 MAPL 相比较，预判新增确诊病例数是否有趋势变化，结合多日表现预判当地当时疫情的风险分区。

表 1 基于 MAPL 的风险分级与分区

| 范围 | 风险分区 | 风险级别 |
|---|---|---|
| $LN_{j+1} \geq HIGH_{2_j}$ | 快速增长 | 高风险 |
| $HIGH_{1_j} \leq LN_{j+1} < HIGH_{2_j}$ | 较快增长 | |
| $LMA_j \leq LN_{j+1} < HIGH_{1_j}$ | 增长 | 中风险 |
| $LOW_{1_j} \leq LN_{j+1} < LMA_j$ | 下降 | |
| $LOW_{2_j} \leq LN_{j+1} < LOW_{1_j}$ | 较快下降 | 低风险 |
| $LN_{j+1} < LOW_{2_j}$ | 快速下降 | |

### 2.4. MA 时距的选择

在 MA 的时距选择方面，传统的移动平均法是基于既往传染病周期性规律选择时距，一般选择时间较长[11]。而本次 COVID-19 感染为新发传染病，缺少既往资料，故我们综合考虑疾病潜伏期以及从发病到确诊这两个时间因素，将疾病潜伏期与发病到确诊时间之和作为 MA 时距的参考依据。根据 Christl A Donnelly 等的研究，香港 SARS 平均潜伏期为 6.4 天，从发病到入院时间平均为 3~5 天[12]。所以在对香港 SARS 疫情进行方法学验证时，选择 10 日 MA（$MA_{10}$）进行预测限建立和结果展示。

根据目前对于 COVID-19 的研究，COVID-19 感染的中位潜伏期为 3 天[13]，从出现症状到确诊的时间往往随着认识的深入和防疫措施的改进而不断缩短，截止 2020 年 2 月 23 日，中国卫生健康委员会数据显示，此时间为 4.95 天。考虑到 COVID-19 这一特性，本文选择 7 日作为 MA（$MA_7$）计算时距，相应进行预测限的建立和结果展示。因而，后文将前述公式（1）$LN_j$ 表述为“对数转换值”，而 $LMA_j$ 根据所选时距的不同表述为“$LMA_7$”或“$LMA_{10}$”。

## 3 结果

### 3.1 既往香港 SARS 疫情的方法学验证

为评价验证本文提出的预测方法的适用性，选取既往 SARS 疫情可获得的公开资料，使用 2003 年 3 月 31 日至 6 月 12 日香港每日 SARS 感染新增确诊数据进行验证。为对比经对数转换值与实际发生数的各自显示的疫情动态，将转换前后数据分置左右两个纵坐标叠加在同一图形中，结果如图 1a 所示。在图 1a 中，使用香港 SARS 期间新发病例数计算所得的对数转换值与 $LMA_{10}$ 和由新发病例数直接计算所得的 $MA_{10}$ 在变化趋势上一致。故可以认为经对数转换后，并未曲解实际疫情趋势。

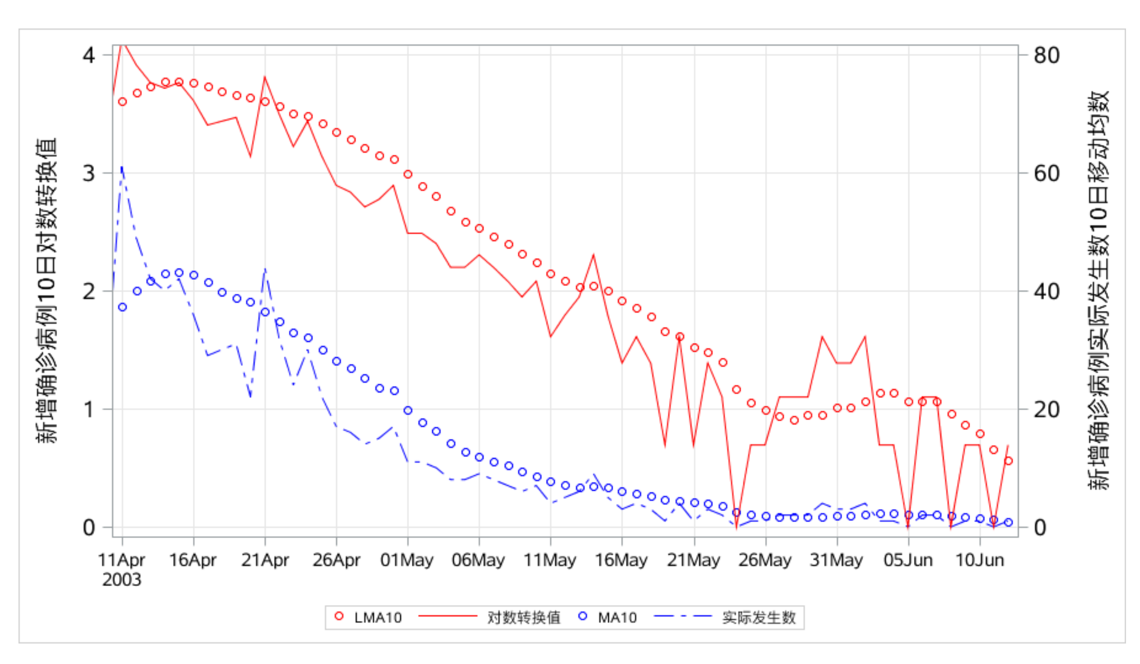



图 1a　香港 SARS 新增确诊病例数对数转换值与新增确诊病例实际发生数对比

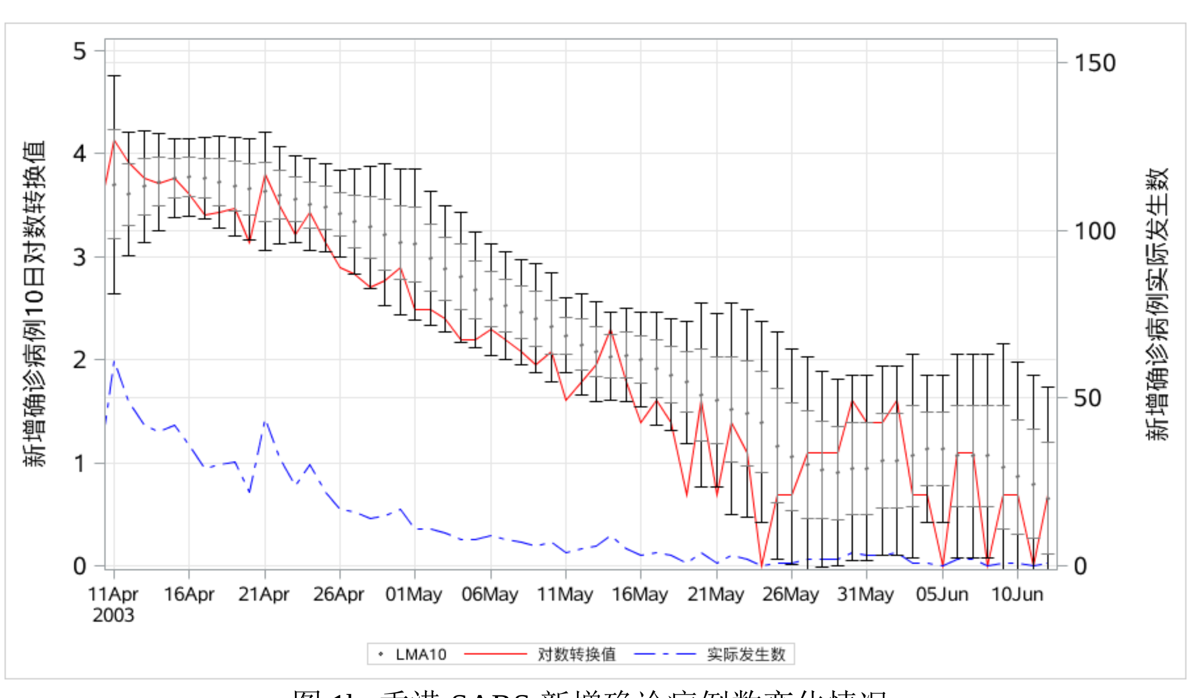



图 1b 香港 SARS 新增确诊病例数变化情况

基于 MAPL 的分析结果如图 1b 所示。从 $LMA_{10}$ 看，香港 SARS 每日新增确诊人数在 4 月 16 日前增长相对比较平稳，在 4 月 16 日至 5 月 26 日平稳下降，之后又小幅度回升，最后又向呈减少趋势，比较实际新增病例数与 $LMA_{10}$，可以发现，两者随着时间变化趋势基本一致，只是 LMA 的变动相较于实际值的变化有所滞后。在数据波动方面，相较于实际数据的强的波动性，$LMA_{10}$ 更加稳定，

更能清晰地表现出新增患病人数的变动趋势。

从原始数据与 10 日 MAPL 看，4 月 11 日至 5 月 26 日期间，实际发生数大多处于较快下降区，属于低风险级别，证明此期间内疾病正处于不断消减状态，预示疫情即将结束。而从 4 月 11 日开始实际发生数向中等风险级甚至低风险级快速回落，说明 4 月 11 日左右病例增长出现峰值。4 月 11 日出现从增长峰值开始下降可能是由于此前香港采取一系列预防措施：3 月 26 日要求密切接触病例者前往指定医院进行检查、3 月 29 日的所有学校停课两周以及 4 月 10 日对于密切接触者强制居家隔离等等，效果从 4 月 11 日开始显现所致[12]。这些措施的实行时间和这与之后报道的新增病例数以及预测限提示的结果是相符的。5 月 26 日之后实际新增病例数围绕预测限波动较大，是因为之后每日新增病例实际发生数较少且波动较大，随之建立的预测限范围相对较宽。提示基于 MAPL 的分析方法并不适合于新增病例数很少且波动较大的疫情末期。此时应当结合其他指标进行疫情的分析与判断。

从以上既往香港 SARS 疫情数据的验证结果来看，MA 结合预测限来预测疫情发展的稳定性较好，可以用于突发传染病疫情趋势的预测及评价。

### 3.2 当前 COVID-19 感染疫情的跟踪与预测

#### 3.2.1 全国疫情

跟踪收集全国范围内 2020 年 1 月 16 日至 2 月 23 日确诊病例以及疑似病例的每日新增数据，分别建立每日新增确诊病例与疑似病例的 7 日 MAPL，结果如图 2a、图 2b 所示。

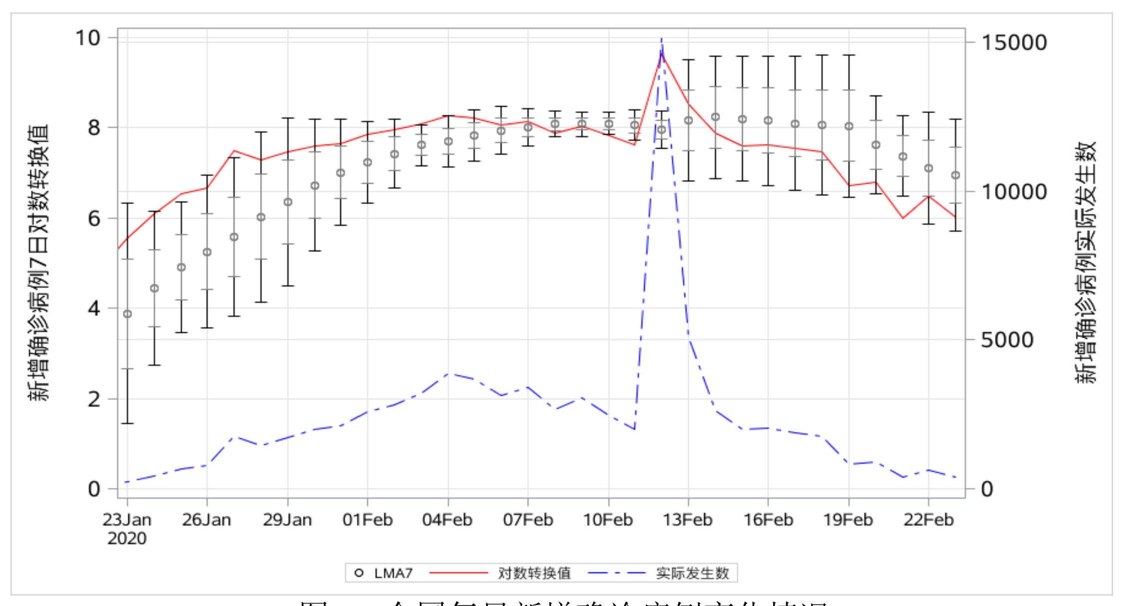



图 2a 全国每日新增确诊病例变化情况

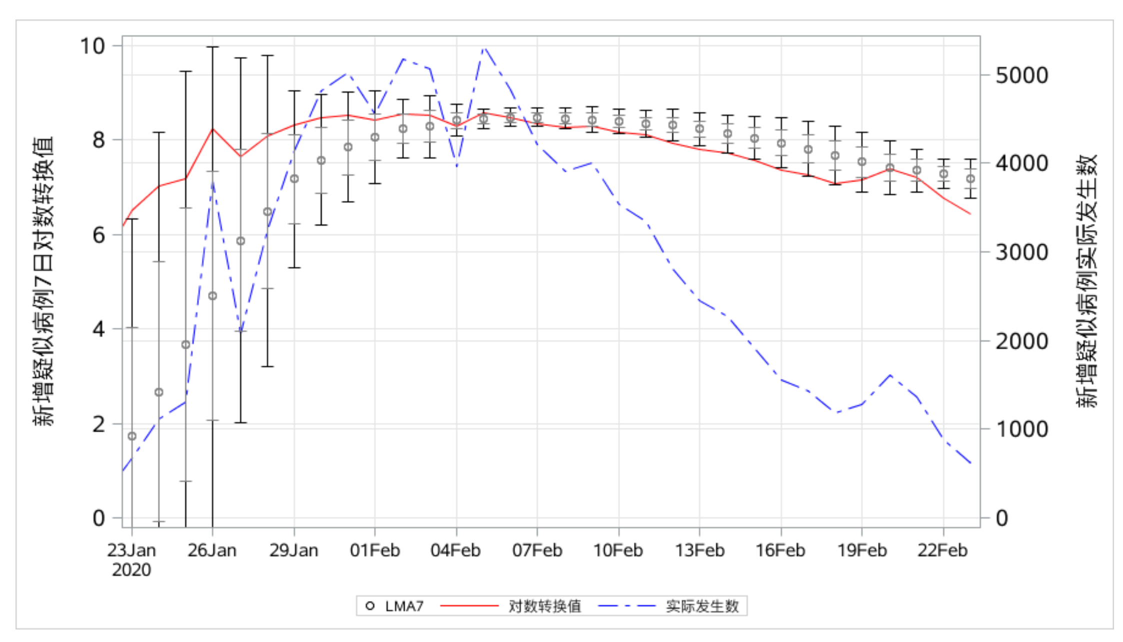



图 2b 全国每日新增疑似病例变化情况

图 2a 中，在 1 月 23 日至 2 月 4 日时间段内，每日新增例数均处于较快增长区及以上，表明此时疫情处于快速蔓延状态。2 月 4 日至 2 月 11 日时间段内，开始向下降区移动，更在 2 月 11 日跌落到快速下降区，说明此前的一系列防疫措施开始显效，疫情得到控制。但在 2 月 12 日当天确诊人数猛增，是由于湖北地区将临床确诊病例也纳入确诊病例之中，导致确诊病例数短暂时间内激增，这种增长是来自当时落实“应收尽收”提高收治能力的更大力度、更果断防疫新举措，与当时感染疫情本身的加速蔓延无关，新发病例数呈减少的趋势应当不会改

变。随后可见，从 2 月 12 日之后的 11 天，新增病例数一直向较快下降区移动，并在截止 2 月 23 日的近 5 日稳定在较快下降区预测限附近，位于低风险级别。说明经过全国人民抗疫阻击战，到 2 月末全国疫情已呈消减状态，COVID-19 感染在全国范围内继续增长蔓延的风险不大。新增疑似病例的总体变动趋势与新增确诊病例数相一致，在 2020 年 2 月 5 日达到峰值。相对于新增确诊病例数的变动趋势，新增疑似病例的下降趋势更加明显，在 2 月 5 日后，连续 13 日处于快速下降限附近，处于低风险级别，佐证了这个时间段疫情在全国范围内正处于下行通道，而在 20 日附近，疑似病例有所增长，这可能是由于此段时间武汉市正开展 17 号开始的为期三天的拉网大排查所致。同样，此举措是为加快 COVID-19 感染者搜寻速度所致，对于疫情歼灭战而言，是必要的有力措施，而非疫情本身蔓延所致增长。所以，疫情处于消减的趋势不会改变，随后几日新增疑似病例数进入了快速下降区。

### 3.2.2 湖北疫情

跟踪收集湖北省 2020 年 1 月 16 日至 2020 年 2 月 23 日每日新增确诊病例数以及新增疑似病例数，建立 7 日 MAPL，结果如图 3a、图 3b 所示。

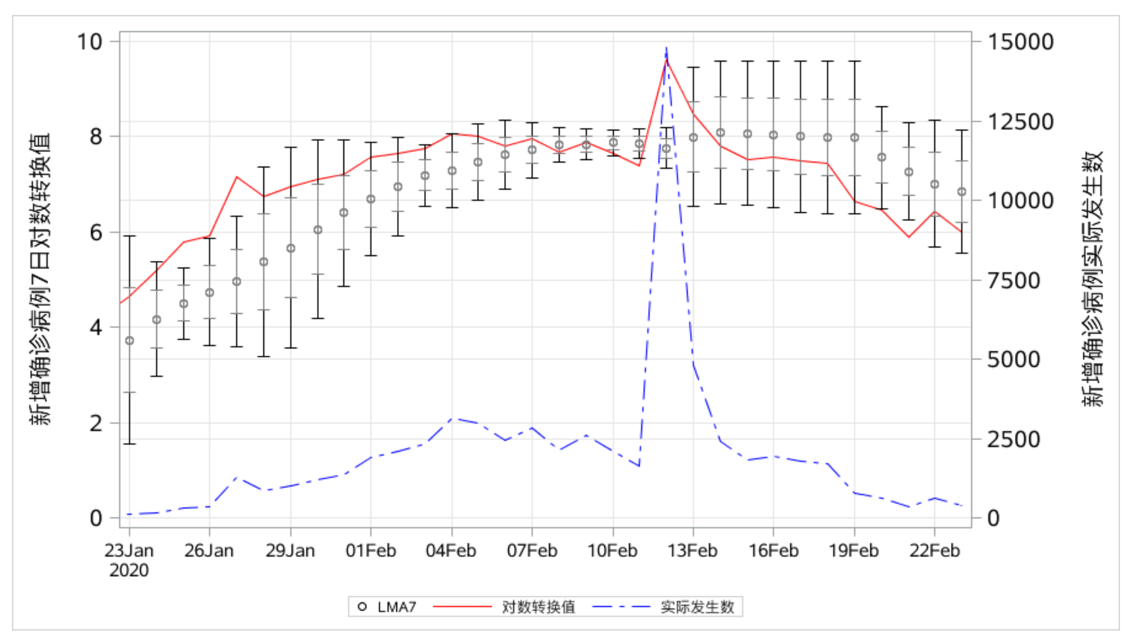



图 3a 湖北每日新增确诊病例变化情况

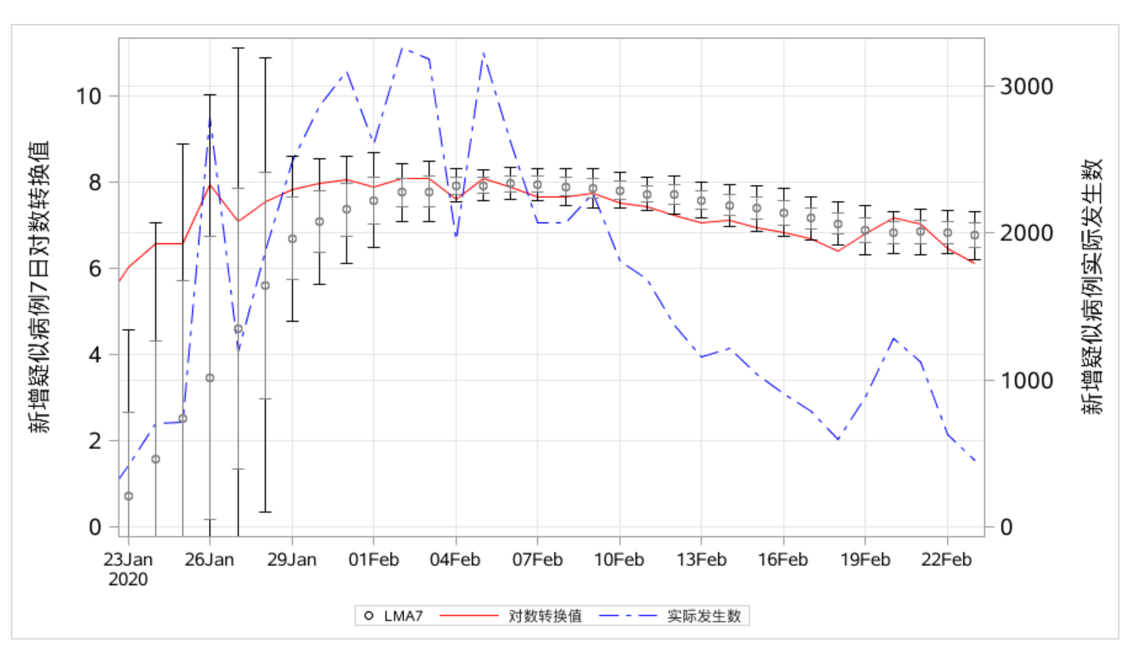



图 3b 湖北每日新增疑似病例变化情况

图 3a 中，湖北省新增确诊病例数在 1 月 23 日至 2 月 4 日处于较快增长区以及快速增长区，说明 COVID-19 感染疫情在此期间处于迅速蔓延的高风险状态，在 2 月 4 日达到增长峰值，而后又在 2 月 4 日至 2 月 11 日期间缓慢衰落至较快下降区乃至快速下降区，说明湖北省新增病例在此期间开始进入衰减状态。在 2 月 12 日由于与上述相同的原因——将临床诊断病例纳入确诊病例，导致新增患者人数激增，但 2 月 12 日至 21 日连续 9 日，每日新增患者人数正朝较快下降区稳定回落，2 月 22 日虽有所上升，但 23 日显示处于较快下降区靠近低风险级别。由此可以推测，只要坚持此前疫情防控的有效措施，那么很大希望能持续保持在低风险级，推测湖北省的疫情在未来再次加重的风险较小。在图 3b 中，2 月 12 日至 18 日的 7 日内，新增疑似患者数多处于较快下降区与快速下降区，而后因防控举措加速了 COVID-19 感染者搜寻速度，导致有所升高，但在近两日又迅速回落至低风险级别，也可进一步说明只要继续防控得当，湖北疫情未来加重的风险较小。

### 3.2.3 湖北以外地区的疫情

跟踪收集全国以及湖北省 2020 年 1 月 16 日至 2 月 23 日 COVID-19 感染新增确诊病例数以及新增疑似病例数，将全国数据与湖北省数据相减即得湖北以外地区每日新增确诊以及疑似病例数。以此计算 $LMA_7$，并建立预测限，结果如图

4a、图 4b 所示。

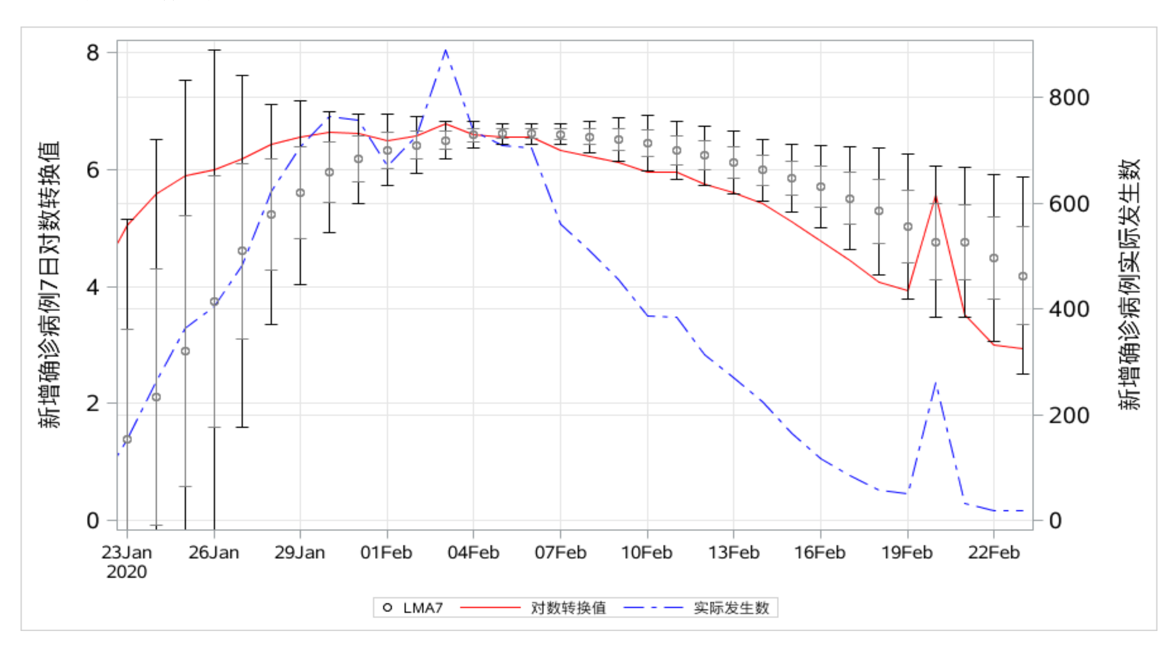



图 4a 全国除湖北以外地区每日新增确诊病例数变化情况

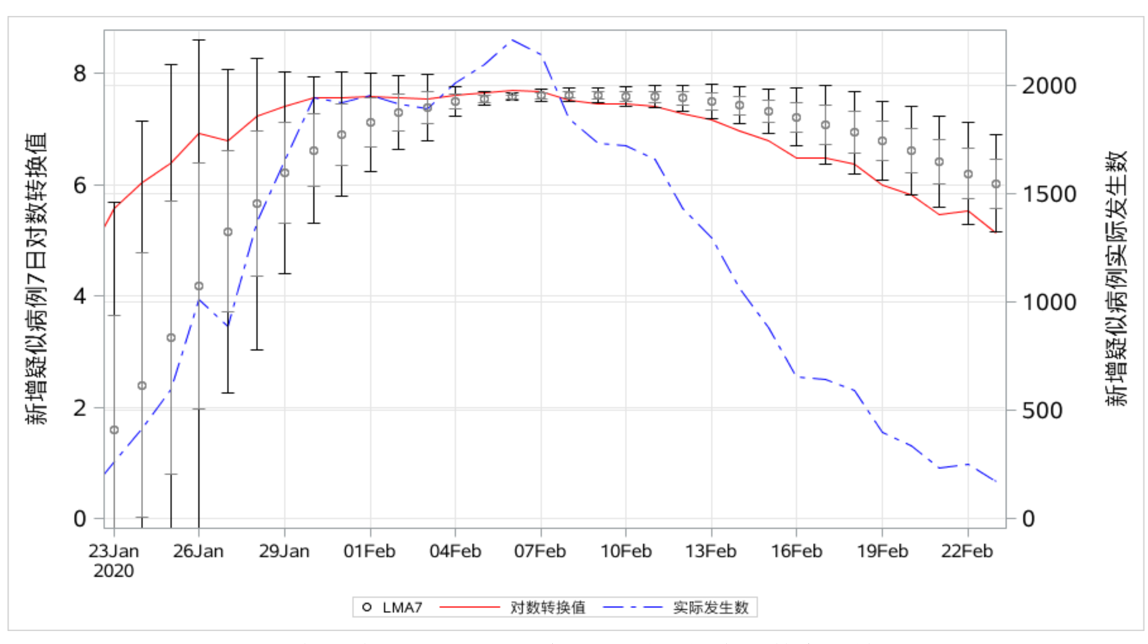



图 4b 全国除湖北以外地区每日新增疑似病例数变化情况

图 4a 中，在 2020 年 1 月 23 日至 2 月 3 日这一区间内，全国除湖北以外地区的新增确诊病例数均位于较快增长区或增长区，表明此时间段内 COVID-19 感染疫情正处于爆发期，疫情蔓延迅速。而在 2 月 3 日以后的时间内，新增病例数迅速回落，连续 13 天达到较快下降区并且连续 16 天处于低风险级别内。但 2 月 20 日出现了突然的升高，这是由于山东与浙江两地监狱发生聚集性疫情，当日

新增 227 例，并非全国范围内新增病例的集体增长，所以表现为一过性升高，而后又迅速回落。截止 2 月 23 日的近 3 日处于低风险级别。结合图 4b 新增疑似病例数在截至 2 月 23 日的最近 14 天连续处于较快下降或快速下降区，归于低风险级别，可以预测全国除湖北以外的地区 COVID-19 感染疫情正在以较快速度减退。

### 3.2.4 可疑高风险省份的疫情

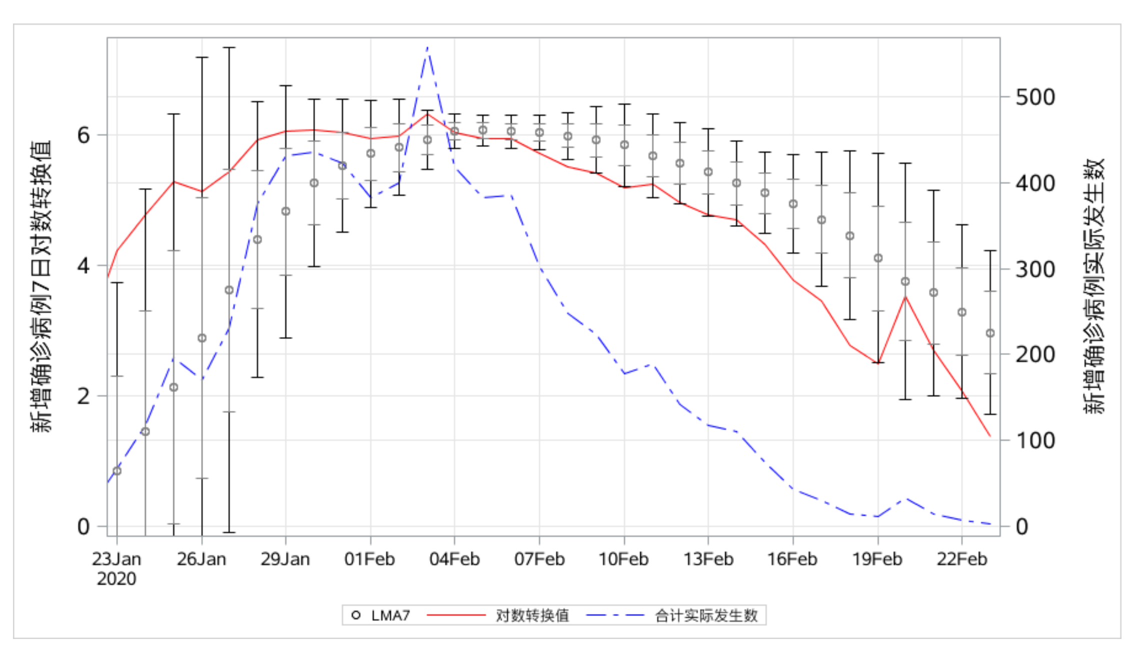



图 5　6 个可疑高风险省份每日新增确诊病例数总和变化情况

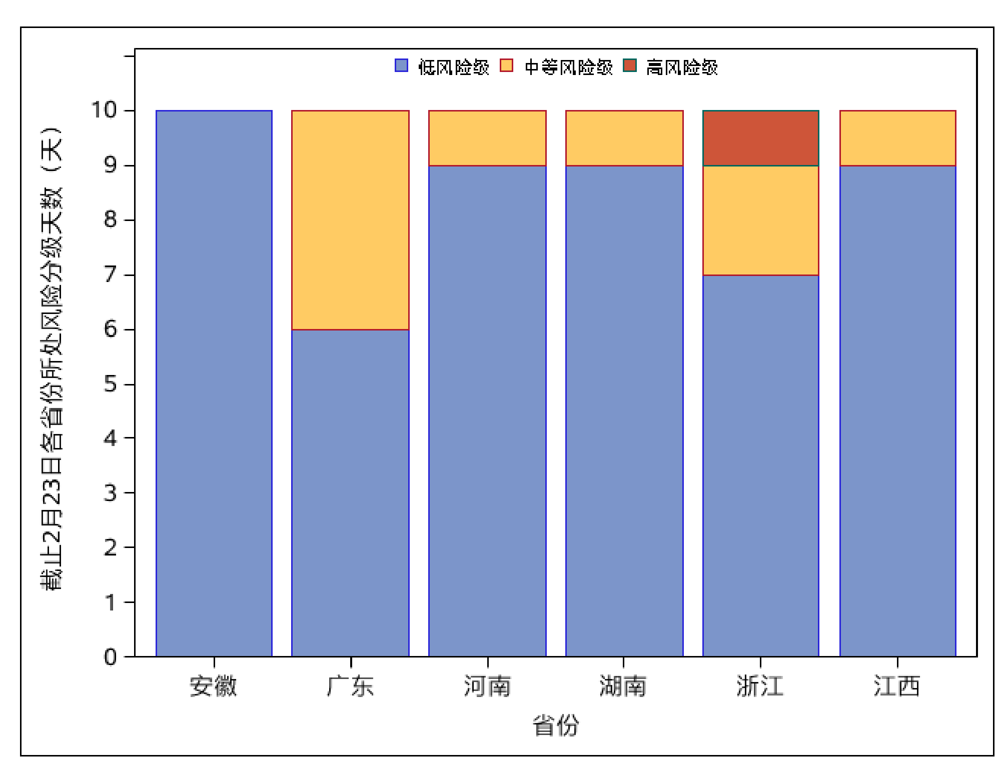



图 6　6 个可疑高风险省份截止 2 月 23 日的最近 10 日新增确诊病例数所处分级情况

仅使用除湖北以外地区合计新增病例数分析疫情发展趋势，可能会导致某些疫情增长风险较高省份的真正发展趋势被掩盖。为了防止此种情况出现而造成误判，我们选择了湖北武汉 1 月 23 日交通封锁前 10 天人口迁出占比较大省份（根据百度迁徙数据）以及到 2 月 23 日为止累计病例数较多（累计病例数>1000）省份列为可疑高风险省份，将这些高风险省份数据合并后进一步疫情分析。入选省份有河南、湖南、广东、江西、浙江和安徽等 6 个省份。合并 6 个省份 1 月 16 日至 2 月 23 日每日新增确诊病例数据，建立 7 日 MAPL，结果如图 5 所示。从图 5 可以发现，此 6 个省份的疫情发展趋势与全国除湖北以外地区疫情趋势一致，除 2 月 20 日因浙江一监狱聚集性疫情所致新增病例数有所增长外，此后又延续之前的下降趋势。21 日后回归低风险级别，说明合并数据并没有掩盖可疑高风险省份的发展趋势。

对这六省进行单独分析的结果汇总如图 6 所示。截止 2 月 23 日的最近 10 天，所有 6 个省份实际新增病例数大部分天数属于快速下降区，处于低风险级别，极少数天数由于聚集性疫情的原因处于高风险级别。其中，安徽省在这 10 天均处于低风险级别；广东省处于低风险级别 6 天，中等风险级别 4 天；河南、湖南以及江西三省均处于低风险级别 9 天，中等风险级别 1 天；浙江处于低风险

级别 7 天，中等风险级别 2 天，高风险级别 1 天（2 月 20 日）。分析结果显示，此 6 个省份近 10 天新增病例数不断下降，疫情已处于消减状态，但由于所处下降分级占比有所不同，消减速度在各省间将有所差异，各地区可以结合实际完善差异化防控策略。

## 4 讨论

### 4.1 MAPL 在疫情趋势预测方面的应用

本研究使用了基于传统移动平均法改良的 MAPL，即 MA 结合其标准差建立预测限来预测 COVID-19 感染疫情发展趋势，及时预判疫区疫情风险分级。相比于每日实际观察数，MA 的优点是能够降低实际观察数据波动的影响，较为清晰地展现感染人数增长趋势。以此为基础改进的 MAPL 方法可以根据疾病的潜伏期以及发病到确诊的天数等因素来确定或调整 MA 的时矩，不再依赖于既往多年的发病资料，应用范围扩大到了缺乏既往资料的新发传染病。同时，利用预测限来分析疫情发展趋势，不再是简单地将当日数据与上一日数据比较，而是观察该数值位于预测限不同分区，以此来判断疫情发展趋势的风险分级。 另一些预测模型也常常用来预测传染病趋势。传统传染病预测模型例如 SEIR 模型需要综合考虑易感者、暴露者、感染者以及康复者在疾病传播过程所起作用，通过模拟病毒传播途径预测传染病趋势[14];而 ARIMA 模型则需考虑时间序列变化趋势、周期性以及随机干扰项等因素[15]，这就需要详细且高质量数据的支持以及复杂计算过程。相较这些传统复杂模型而言，MAPL 的建立则限制较少，仅需每日新增病例数等可以适时获取的官方公布数据，并且计算过程简单，便于理解与应用。

当然，本文提出的预测方法也存在诸多不足。首先，疫情最初阶段较难确定计算 MA 所需要采用的时距。随着对病原认识的加深、诊断治疗与卫生防疫措施的加强，潜伏期以及发病到确诊时间处于变动状态，势必需要相应调整计算 MA 的时段长度，这方面值得进一步探究。我们也为此尝试了 5 天、7 天、10 天及 14 天不同时距的敏感性分析与展示，参见附件中的附图 1 与附图 2。其次，滞后偏差不可避免，即 MA 预测值的变化会滞后于实际趋势值的变化。滞后性显得保守

但会更趋稳健，从疫情控制角度来说看是完全可以接受的。再者，本方法适用于跟踪疫情发展到一定程度后的趋势评估及适时风险预判，到疫情尾声每日新增数量少且波动甚至有零新增的阶段，就需要综合其他指标进行疫情分析了。另外，MA 结合预测限作为一种新的疫情预测和风险预判方式还缺少外部验证，尽管我们使用 2003 年香港 SARS 疫情数据进行了验证，结果也较为符合实际，但仅一次小规模的验证较难确认本文方法的稳健性，尚需包括本次疫情在内进一步前瞻性验证研究。

### 4.2 本次疫情跟踪及时预判对实时决策的意义

在本研究中，所选建立预测限的指标为每日新增确诊病例数与每日新增疑似病例数。由以上结果可知，此两个指标所建预测限对于本次疫情追踪与趋势判断上，总体结果保持一致，但由于确诊标准的变化导致某些天数有些许差异。一般来说，在疫源地宣布疫情结束的条件为在最后一名感染病例发生后，经过最长潜伏期的两倍时间仍未出现新增病例。故在本研究中，对于疫情趋势的预判以新增确诊病例数指标为主，而新增疑似病例数所建指标用以辅助判断。从全国与湖北省的新增确诊与疑似病例数所建立的 7 日 MAPL 来看，全国与湖北省的新增确诊病例数变动以及在预测限中的区间大致相同，这可能是由于湖北省作为 COVID-19 感染疫情的源头与重灾区，在全国病例中占比达到 74.7%所致[16]。在湖北，新增病例数都大约于 2 月 4 日达到峰值，而后出现下降，这可能与 1 月 23 日以武汉为首的封锁措施以及后来一系列断然防控措施有关。此次 COVID-19 感染中位潜伏期为 3 天，从出现症状到确诊的中位时间前期报道为 7 天[17]，后来为 4.95 天。考虑到数据上报统计等工作可能还需耗费时间，从感染病毒到确诊再到登记上报至少估计需要 7~10 天，而 1 月 23 日武汉实行交通封锁至 2 月 4 日出现峰值正好接近此时段。此后新增患者人数迅速下降，在一周内从快速增长区下降至快速下降区。截止 2 月 23 日仍多日位于下降区。因此可以乐观预计未来湖北新增病例数将会继续下降，但下降速度不会像湖北省外地区那么快，疫情防控的形势依然复杂，仍然需要继续严格执行切实有效防控措施，实现持续较长时间处于低风险状态，最后打赢疫情防控阻击战。而在湖北以外地区，2 月 3 日以前，新增病例数一直处于快速增长区以及较快增长区，与湖北地区趋势一致。但 2 月

3 日之后，非湖北地区新增确诊病例数不断下降，并在截止 2 月 23 日的近 7 日内除两地监狱聚集性疫情所引起一过性升高外，一直处于快速下降区。这说明虽然非湖北地区与湖北地区都有下降趋势，但非湖北地区下降速度更快。而对于输入性高风险的可疑地区的合并分析也显示，这些省份在截止 2 月 23 日的最近 10 日，新增确诊病例数大都处于较快下降或快速下降区的低风险级别，与全国除湖北地区趋势一致，只是下降速度有所差异。此外，监狱聚集性疫情的上报从侧面反映出随着一系列防疫举措的推出和防疫力度的加大，一些容易忽视的“死角”也都进入防控覆盖范围。结合上文分析内容，可以推测，此次疫情在全国范围总体已进入消退阶段。因此，根据截止 2 月 23 日的风险评级，疫情初发的湖北省仍不可松懈。而湖北以外地区，可根据疫情下降动态和风险适时评估，落实非疫情防控重点地区差异化精准防控策略。在继续坚持有效自我防护措施、防控输入性风险的同时，根据目前对于疫情最新的认识与科研成果[18]，结合各地实际，规划好逐步解除限制的措施，以期逐渐恢复正常的经济生产与社会生活。

## 参考文献

[1] Zhou P, Yang XL, Wang XG,et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. Nature. 2020 Feb 3.doi: 10.1038/s41586-020-2012-7. [Epub ahead of print]

[2] 新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第五版)[J/OL].中国中西医结合杂志:1-3[2020-02-19]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2787.R. 20200208.1034.002.html.

[3] Kruse RL. Therapeutic strategies in an outbreak scenario to treat the novel coronavirus originating in Wuhan, China [version 2; peer review: 2 approved]. F1000Research 2020,9:72(https://doi.org /10.12688/ f1000research. 22211.2)

[4] 丁蕾,蔡伟,丁健青,等. 新型冠状病毒感染疫情下的思考.中国科学:生命科学, 2020,50:1-11.

[5] 陈伟,王晴,王晴.我国新型冠状病毒肺炎感染疫情早期围堵策略概述[J].中华预防医学杂志,2020,54（2）:1-6.DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2020.03.003

[6] 郭泽强.传染病预测方法的研究[J].职业与健康,2012,28(05):610-612.

[7] 袁东方,应莉娅,董长征.传染病预警模型研究进展[J].浙江预防医学,2012,24(08):16-20+23.

[8] 徐宝春. 基于 SIR 模型的 SARS 传染病研究[D].山东大学,2019.

[9] 仝振东,林君芬,陈国水,李丹.应用移动平均数法开展传染病疫情监测预警的探讨[J].疾病监测,2007(08):523-525.

[10] 方益荣,牛文柯,卢巧玲,孙佳美,张丽杰.应用移动平均法预警学校结核病疫情的分析

[J].疾病监测,2017,32(05):418-422.
[11] 杨维中,邢慧娴,王汉章,兰亚佳,孙乔,胡世雄,吕伟,袁政安,陈裕旭,董柏青.七种传染病控制图法预警技术研究[J].中华流行病学杂志,2004(12):37-39.
[12] Donnelly, C. A.; Ghani, A. C.; Leung, G. M.; Hedley, A. J.; Fraser, C.; Riley, S.; Abu-Raddad, L. J.; Ho, L. M.; Thach, T. Q.; Chau, P.; Chan, K. P.; Lam, T. H.; Tse, L. Y.; Tsang, T.; Liu, S. H.; Kong, J. H. B.; Lau, E. M. C.; Ferguson, N. M.; Anderson, R. M. Epidemiological determinants of spread of causal agent of severe acute respiratory syndrome in Hong Kong. Lancet 2003, 361, 1761-1766.
[13] Guan, W.-j, Ni, Z.-y, Hu, Y. Clinical characteristics of 2019 novel coronavirus infection in China. medRxiv 2020, 2020.2002.2006.20020974.
[14] 周涛,刘权辉,杨紫陌,等.新型冠状病毒感染肺炎基本再生数的初步预测[J/OL].中国循证医学杂志:1-6[2020-0222].http://kns.cnki.net/ kcms /detail/51.1656.r.20200204.1640.002.html.
[15] Manikandan M., Velavan A., Zile Singh,et al. Forecasting the trend in cases of Ebola virus disease in West African countries using auto regressive integrated moving average models. Manikandan M et al. Int J Community Med Public Health. 2016 Mar;3(3):615-618
[16] 中国疾病预防控制中心新型冠状病毒肺炎应急响应机制流行病学组. 新型冠状病毒肺炎流行病学特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(2): 145-151
[17] Wang D, Hu B, Hu C, Zhu F, Liu X, Zhang J, et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus–Infected Pneumonia in Wuhan, China. Jama. 2020. doi: 10.1001/jama.2020.1585.
[18] 王霞, 唐三一, 陈勇等. 新型冠状病毒肺炎疫情下武汉及周边地区何时复工? 数据驱动的网络模型分析. 中国科学: 数学, 2020,50:1-10.